

**DIE WIRKUNG EINES KÖRPERLICHEN
TRAININGS AUF DIE HERZKREISLAUFFUNKTION
BEI HYPERTONIKERN**

Karl-Hermann Behrens

1973

Aus dem Institut für die Prophylaxe der Kreislauf-
krankheiten bei der Universität München

Direktor (Vorstand): Prof. Dr. G. Schimert

D I E W I R K U N G E I N E S K Ö R P E R L I -
C H E N T R A I N I N G S A U F D I E H E R Z -
K R E I S L A U F F U N K T I O N B E I H Y P E R -
T O N I K E R N

Inaugural-Dissertation

zur Erlangung der Doktorwürde in der gesamten Medizin
verfaßt und einer Hohen Medizinischen Fakultät
der Ludwig Maximilians-Universität zu München

vorgelegt von
Karl-Hermann Behrens

aus
Hannover

München 1973



Mit Genehmigung der Medizinischen Fakultät
der Universität München

Berichterstatter: Priv. Doz. Dr. H. Schwalb

Mitberichterstatter: Prof. Dr. G. Schimert

Dekan: Prof. Dr. W. Spann

Tag der mündlichen Prüfung: 24. April 1973

Aus dem Institut für die Prophylaxe der Kreislaufkrankheiten bei der Universität München (Vorstand: Professor Dr. med. Gustav Schimert)

Die Wirkung eines körperlichen Trainings auf die Herz- und Kreislauffunktion von Hypertonikern

Von SCHWALB, H., und K. H. BEHRENS

Das Körpertraining wird heute als präventive wie als kurative und rehabilitative Maßnahme bei einer Reihe von Herz- und Kreislauferkrankungen mit Erfolg angewandt. Inwieweit auch die arterielle Hypertonie durch regelmäßige sportliche Betätigung oder durch eine systematische Übungsbehandlung über einen längeren Zeitraum günstig

beeinflusst werden kann, ist dagegen noch nicht eindeutig zu beurteilen. Diese Frage ist aber aus verschiedenen Gründen aktuell, einmal schon wegen der außerordentlichen Häufigkeit dieser Kreislauferkrankung, von der etwa jeder 6. oder 7. der Bevölkerung nach dem 40. Lebensjahr betroffen ist, zum anderen wegen der

großen Bedeutung des Hochdrucks als Risikofaktor für die ischämischen Herzkrankheiten, deren Entwicklung man gerade auch durch regelmäßige Körperbelastungen entgegenzuwirken versucht.

Man muß sich von vornherein darüber im klaren sein, daß durch den Hochdruck eine besondere Kreis-

laufsituation gegeben ist, die einerseits schon die Durchführung des Trainings selbst, insbesondere eine geeignete Dosierung der Körperbelastungen erschwert, andererseits aber auch eine optimale Anpassung des Kreislaufs an hohe körperliche Leistungen grundsätzlich verhindern kann, nämlich:

1. Die hypertone Blutdruckreaktion auf körperliche Belastung. Sie ist dadurch bedingt, daß zwar auch beim Hypertoniker der periphere Gefäßwiderstand während Muskelarbeit abfällt, gegenüber dem Normotoniker jedoch erhöht bleibt (1, 20, 32, 44, 45, 47, 52).

2. Die gestörte Herzdynamik, die mit zunehmender Erhöhung des peripheren Gefäßwiderstandes durch ein kleines Schlagvolumen oder durch eine verminderte Fähigkeit zur Schlagvolumensteigerung charakterisiert ist. Dementsprechend ist die kardiale Leistungsbreite bei Hypertonikern auch im Stadium der kardialen Suffizienz häufig bereits eingeschränkt (1, 17, 29, 32, 44, 47). Diese Verminderung der Leistungsfähigkeit ist auch von der Höhe des jeweiligen Belastungsblutdrucks abhängig (48).

3. Die häufig schon frühzeitige Entwicklung einer stenosierenden Koronarsklerose und die dadurch bedingte Verminderung der Koronarreserve.

4. Das druckbelastete Herz des Hypertonikers ist durch zusätzliche Volumen- und Druckbelastung bei Körperarbeit in höherem Maße der Gefahr einer Insuffizienz ausgesetzt.

Grundsätzlich erscheint aber ein körperliches Training als therapeutische und prophylaktische Maßnahme bei Hypertonikern vor allem aus zwei Überlegungen gerechtfertigt. Es ist einmal die Erkenntnis, daß schon geringe physische Aktivität die Reaktionsweise des Kreislaufs in eine vagotone Richtung lenkt. Verschiedene Untersuchungen sprechen auch dafür, daß der Sympathikustonus während körperlicher Arbeit vermindert wird (10, 14, 18, 21, 33). Jede Herabsetzung der Sympathikusaktivität hat aber am Kreislauf im Prinzip eine blutdrucksenkende Wirkung zur Folge. Zum anderen haben wir

Grund für die Annahme, daß verschiedene funktionelle Faktoren, die zur Manifestierung einer Koronarsuffizienz und Myokardischämie, von der ja der Hypertoniker in besonderem Maße bedroht ist, beitragen, durch ein regelmäßiges Training vermindert werden können.

Bewegungsmangel, oft verbunden mit psychischem Streß, ist eine Begleiterscheinung unserer durch Zivilisation und Technik geprägten Lebensweise und führt nicht selten zu vegetativen Dysregulationen und bei gegebener Veranlagung auch zur frühen Manifestierung eines Hypertonus. Unter diesem Aspekt würde eine regelmäßige Körperbelastung nicht nur als therapeutische, symptomatische, sondern als präventive ausgleichende Maßnahme für den durch Bewegungsarmut gefährdeten Menschen zu sehen sein (23, 33, 39, 40). Immerhin könnten einige Untersuchungen dafür sprechen, daß sich bei Menschen, die regelmäßig Sport treiben, ein Hypertonus seltener entwickelt als bei Untrainierten (7, 33, 36, 55). Mehrere Autoren haben auch über eine Blutdrucksenkung nach körperlichem Training bei Hypertonikern berichtet (8, 9, 12, 19, 25, 27, 31, 34, 39, 54). Sehr ausgeprägt scheint bei Hypertonikern die Senkung des systolischen und in geringerem Maße auch des diastolischen Drucks in der Nachbelastungsphase zu sein (8, 24). Auch bei einigen Patienten mit stabiler Hypertonie wurde über einen günstigen Trainingseinfluß auf das Blutdruckverhalten berichtet (9, 30, 33, 39). Inwieweit ein Körpertraining den Gesamtverlauf der Hypertonie beeinflußt, läßt sich heute aber noch nicht beurteilen. Die meisten der diesbezüglichen Untersuchungen, soweit sie sich auf ein dosiertes und kontrolliertes Training stützen, erstrecken sich nur über einen kurzen Zeitraum von wenigen Monaten, teilweise sogar nur über einige Wochen, oder es handelte sich um labile oder juvenile Hypertoniker.

Mit der vorliegenden Arbeit haben wir versucht, eine Gruppe von Patienten mit seit Jahren bekanntem Hochdruck und Patienten mit hypertonen Regulationsstörungen, die früher nicht oder nur wenig Sport getrieben haben, über längere Zeit einem kontrollierten Train-

ning zu unterziehen und die Reaktionen einiger Parameter der Herz-Kreislauf-Funktion zu verfolgen.

Untersuchungsgut und Methodik

Das Untersuchungsgut umfaßt 10 Patienten mit essentieller Hypertonie (Stadium I und II nach der Einteilung der WHO) im Alter von 43 bis 61 Jahren und 5 Patienten mit hypertonen Regulationsstörungen im Alter von 21 bis 33 Jahren. Bei allen erstgenannten Patienten handelte es sich auf Grund der bis 5 Jahre vor der Untersuchung verfolgten und in mehreren Voruntersuchungen kontrollierten Blutdruckwerte um einen stabilen Hochdruck. 5 dieser Patienten hatten eine asymptomatische Hypertonie, die anderen 5 Patienten zeigten elektrokardiographisch und röntgenologisch Veränderungen im Sinne einer Linkshypertrophie des Herzens, in 2 Fällen auch mit deutlichen Repolarisationsstörungen und bei höherer Belastung ange deuteten Zeichen einer Ischämie-reaktion (horizontale oder deszendierende ST-Senkung > 1 mm). Die Leistungsfähigkeit, beurteilt nach dem maximalen Sauerstoffpuls, war bei 4 Hypertonikern deutlich reduziert, in 3 Fällen war das Herzvolumen leicht vergrößert. Alle Patienten waren zum Zeitpunkt der Untersuchung ohne antihypertensive Behandlung.

Der Blutdruck wurde in den letzten 4 Wochen vor Beginn des Trainings und während der gesamten Trainingsperiode 2- bis 3mal wöchentlich bestimmt. Die Messungen erfolgten nach der auskultatorischen Methode von *Riva-Rocci* und *Korotkoff* am liegenden Patienten, Manschette am rechten Oberarm, nach 10 Minuten Körperruhe. Die für die einzelnen Patienten angegebenen Ruheblutdruckwerte entsprechen dem Mittelwert aller Einzelmessungen innerhalb der jeweils angegebenen Zeit. Als arterieller Mitteldruck wurde das arithmetische Mittel zwischen systolischem und diastolischem Druck ohne Korrektur bezeichnet.

Vor Beginn des Trainings sowie nach dem 5. und 12. Trainingsmonat wurden ergospirometrische Untersuchungen durchgeführt. Im einzelnen wurden bestimmt: Der Blutdruck nach *Riva-Rocci* und *Korotkoff*, die Pulsfrequenz (nach dem EKG), die Sauerstoffaufnahme/Mi-

nute (STPD) am Spirographen nach *Knipping*, Typ 210 D, die Sauerstoffaufnahme/Pulsschlag (Sauerstoffpuls), das Herzfrequenz-Druckprodukt (41) (Herzfrequenz $\times$ systolischer Blutdruck/100) der maximale Wattpuls. Das Herzvolumen wurde auf Grund röntgenkymographischer Aufnahmen in seiner diastolischen Größe bestimmt; die Berechnung erfolgte nach der von *Musshoff* und *Reindell* (35) modifizierten und entsprechend der von uns angewandten Technik korrigierten Formel von *Rohrer* und *Kahlstorf* (26, 42, 48). Das Verhältnis zwischen Herzgröße und maximalem Sauerstoffpuls wurde durch den Herzvolumenleistungsquotienten nach *Reindell* und Mitarb. (28) berechnet. Die Belastung erfolgte am Fahrradergometer liegend in ansteigenden Leistungsstufen von jeweils 40 Watt und 5 bis 6 Minuten Dauer bis zur höchsten unter Bedingungen des relativen steady-state erreichten Leistung.

Die Mittelwerte einzelner Meßgrößen vor und nach einer bestimmten Trainingsperiode wurden auf die Signifikanz ihrer Differenz hin geprüft (t-Test von *Student*). Die

prozentuale Zufallswahrscheinlichkeit p für die Signifikanz von Mittelwertsdifferenzen und Korrelationen wurde folgendermaßen bezeichnet: $0,001 > p$ = hoch signifikant (***), $0,01 > p > 0,001$ = signifikant (**), $0,05 > p > 0,01$ = wahrscheinlich signifikant (*).

Trainingsablauf

Wir boten folgende Trainingsmöglichkeiten:

a) Tretkurbelarbeit am Fahrradergometer 3mal wöchentlich je 30 Minuten. Die Ergometerbelastungen wurden bei allmählich ansteigender Dosierung schließlich bei 50 bis 70 Prozent der maximalen Pulsfrequenzzuwachsrates eingestellt. Nach jeweils 6' Belastung wurden Pausen von 2 bis 3' eingeschaltet.

b) Allgemeines Training, 2mal wöchentlich je 60' in einer Turnhalle oder auf dem Sportplatz. Es wurde eingeteilt in gymnastische Übungen und Laufschule, Ballspiele, Medizinballgymnastik oder Übungen in der Art eines Circuittrainings, bei dem wir besonders auf die Kriterien eines rehabilitativen Trainings achteten.

Am Ergometertraining nahmen die Probanden 1, 2, 3, 4, 11, 12, 13 und 14 teil, die anderen Probanden wählten die Trainingsform b. Proband 3 nahm zunächst an Form a und in der zweiten Trainingsperiode (zwischen dem 6. und 12. Monat) an Form b teil.

Ergebnisse:

Ruheblutdruck

Für den Vergleich der Mittelwerte wurden im Durchschnitt etwa 20 bis 25 Einzelblutdruckmessungen vor dem Training einer etwa gleich großen Zahl von Messungen während des letzten Trainingsmonats gegenübergestellt. Eine Senkung des Blutdrucks war bei den meisten Patienten bereits nach 4 Wochen Training zu beobachten. Nach etwa 5 Monaten Training ließ sich bei 8 der 10 Hypertoniker eine hochsignifikante Senkung der systolischen Blutdruckwerte nachweisen (siehe Tabelle 1, Abb. 1, 2, 3). Sie betrug zwischen 4,9 und 10,8 Prozent, im Mittel 9,1 Prozent des Ausgangswertes. Bei allen jüngeren Patienten mit hypertonen Regulationsstörungen fand sich eine hochsignifikante Senkung des sy-

NUMMER DES PROBANDEN	ALTER (Jahre)	HOCHDRUCK- STADIUM	TRAININGSFORM	SYSTOLISCHER BLUTDRUCK									DIASTOLISCHER BLUTDRUCK									MITTLERER BLUTDRUCK																	
				A			Signifik.	B 5.			Signifik.	C			Signifik.	A			Signifik.	B			Signifik.	C			Signifik.												
				vor Trainingsbeginn		A/B		im 5. Trainingsmonat		B/C		im 12. Trainingsmonat		A/C		vor Trainingsbeginn		A/B		im 5. Trainingsmonat		B/C		im 12. Trainingsmonat		A/C		vor Trainingsbeginn		A/B	im 5. Trainingsmonat		B/C	im 12. Trainingsmonat		A/C			
				$\bar{x}$	s_x			$\bar{x}$	s_x			$\bar{x}$	s_x			$\bar{x}$	s_x			$\bar{x}$	s_x			$\bar{x}$	s_x			$\bar{x}$	s_x		$\bar{x}$	s_x		$\bar{x}$	s_x		$\bar{x}$	s_x	$\bar{x}$
1	65	I	E	163	3,46	***	155	7,18					90	4,32	*	86	4,29					127	2,38	**	121	5,08													
2	59	II	E	187	5,86	***	173	6,19					113	5,00	Ø	109	6,23					150	5,27	***	140	5,28													
3	59	II	E/G	168	8,91	***	158	4,48	***	146	1,30	***	98	7,03	***	84	2,78	***	75	1,80	***	133	6,57	***	120	2,62	***	111	1,30	***									
4	61	II	E	190	5,45	***	174	5,15					88	4,94	**	80	6,31					139	4,89	***	127	4,87													
5	46	I	G	164	5,70	***	153	4,78	**	147	4,64	***	93	2,71	***	87	3,31	*	83	4,59	***	129	3,66	***	120	3,26	***	115	3,02	***									
6	60	I	G	169	3,34	Ø	175	4,71					109	2,68	***	103	2,77					139	4,66	Ø	139	3,32													
7	44	I	G	170	7,46	***	152	5,26	***	139	5,98	***	105	5,55	**	99	3,73	**	94	4,84	***	138	4,42	***	126	4,40	***	117	3,60	***									
8	61	I	G	180	9,46	Ø	179	8,33					121	7,12	**	112	4,96					151	7,40	Ø	146	4,35													
9	57	II	G	185	6,98	***	165	6,57	Ø	162	5,34	***	118	5,73	***	111	3,15	Ø	111	3,76	**	152	5,96	***	138	4,07	Ø	137	3,10	***									
10	43	II	G	168	4,71	***	150	5,22	Ø	152	3,96	***	110	3,42	***	94	3,12	Ø	100	4,29	***	139	3,47	***	122	2,60	Ø	126	4,00	***									
11	22	HR	E	142	2,00	***	129	3,58					86	5,79	**	79	3,22					114	4,36	***	104	2,59													
12	28	HR	E	150	1,61	***	133	4,14					100	3,29	***	82	2,49					125	1,73	**	108	2,79													
13	32	HR	E	151	2,35	***	138	3,22					87	3,21	*	81	5,04					119	2,20	***	110	3,12													
14	21	HR	E	155	6,96	***	135	3,91					89	10,4	*	80	5,36					119	2,20	***	108	4,03													
15	33	HR	G	153	3,58	***	130	6,42					90	3,94	***	80	3,32					122	3,36	***	105	3,17													

Tab. 1: Systolischer, diastolischer und mittl. Blutdruck in Ruhe bei Patienten mit Hypertonie und hypertonen Regulationsstörungen vor, nach 5 Monaten bzw. 1 Jahr dauerndem Training.

Bedeutung der Zeichen: E = Training am Fahrradergometer; G = Allgemeine Gymnastik; H. R. = Hypertone Regulationsstörungen.

stolischen Blutdrucks, im Mittel um 11,5 Prozent, im einzelnen zwischen 8,6 und 15 Prozent.

Der diastolische Blutdruck verringerte sich prozentual etwa im gleichen Maße, nämlich bei den Hypertonikern zwischen 5,6 und 14,5 Prozent, im Mittel um 8,6 Prozent, bei den Patienten mit hypertonen Regulationsstörungen zwischen 6,9 und 18 Prozent, im Mittel um 11,0 Prozent. Die Verbesserung der diastolischen Werte war bei den Hypertonikern in 8 von 10 Fällen signifikant, bei den Patienten mit Regulationsstörungen in 3 von 5 Fällen. Allerdings waren bei letzteren auch die diastolischen Ausgangswerte nur gering erhöht.

Alle Patienten mit hypertonen Regulationsstörungen erreichten nach 5monatigem Training normale systolische und diastolische Blutdruckwerte. Diese generelle völlige Normalisierung des erhöhten Blutdrucks wurde bei den Patienten mit Hypertonie in dieser ersten Trainingsperiode nicht erreicht. Das Ausmaß der systolischen wie auch der diastolischen Blutdrucksenkung scheint prinzipiell nicht abhängig zu sein von der Höhe der Ausgangswerte. Auch in Fällen mit vor dem Training konstanten systolischen Werten über 180 mm/Hg kam es zu einem signifikanten Abfall.

Da systolischer und diastolischer Druck in den meisten Fällen gleichsinnig reagierten, stellt sich die Blutdrucksenkung am deutlichsten in der Verminderung des mittleren Drucks dar. Mit Ausnahme von 2 Patienten ergab sich eine signifikante Senkung des mittleren Drucks. Sie betrug bei den Hypertonikern von 8,4 bis 12,1 Prozent, im Mittel 9,5 Prozent, bei den Patienten mit Regulationsstörungen 8,0 bis 14,0 Prozent, im Mittel 9,5 Prozent.

Bei 5 Hypertonikern, die bis zu einem Jahr weitertrainierten, erfolgte zwischen dem 5. und 12. Monat eine noch weitere, allerdings geringere Blutdruckabnahme. 3 dieser Hypertoniker (Proband 3, 5 und 7) erreichten schließlich normale Blutdruckwerte. Das Blutdruckverhalten derjenigen Patienten, die noch länger regelmäßig am Training teilgenommen haben, ist in Abb. 3 dargestellt. Hier sind die durchschnittlichen Blutdruckwerte vor und in verschiedenen Zeitab-

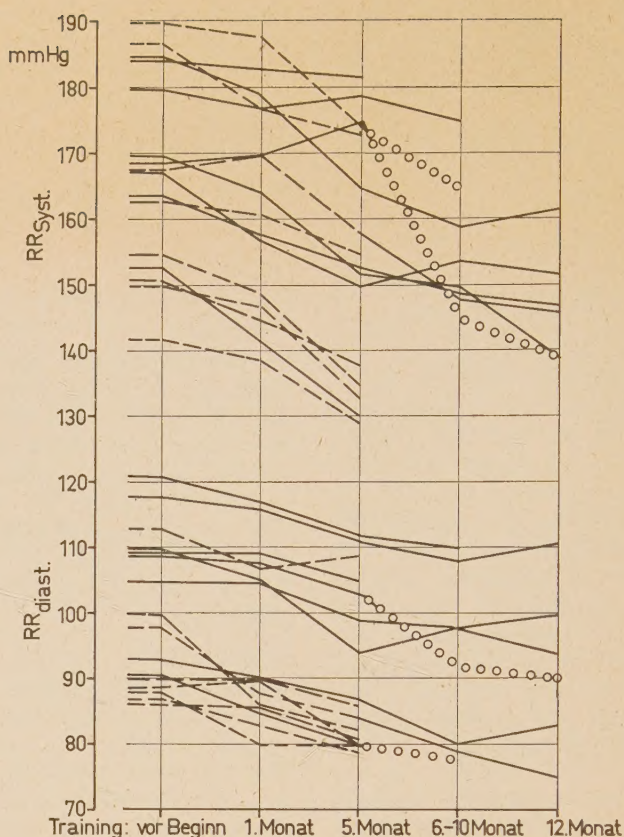


Abb. 1: Blutdruck in Körperruhe vor und während der Trainingsperiode bei Patienten mit Hypertonie und hypertonen Regulationsstörungen

— — — Ergometertraining; — — — Gymnastik, Laufschiule, Ballspiele; o o o unter gleichzeitiger Modenolbehandlung

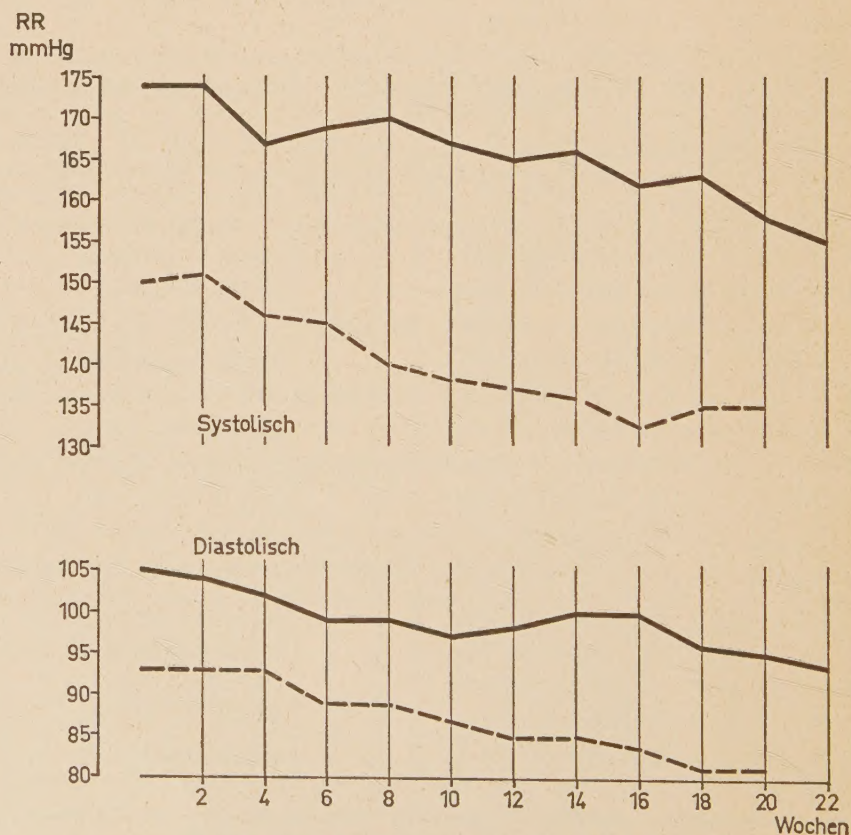


Abb. 2: Mittelwerte des Ruheblutdrucks von 10 Hypertonikern u. 5 Patienten mit hypertonen Regulationsstörungen während einer Trainingsperiode von ca. 5 Monaten

ständen nach Beginn des Trainings aufgezeichnet. Eine weitere Blutdrucksenkung unter die nach 12 Monaten erreichten Werte erfolgte nicht mehr, aber auch kein Wiederanstieg auf die Ausgangswerte.

3 ältere Patienten (Proband 4, 6, 9) wurden wegen des ungenügenden Trainingseffektes und wegen zu

hoher Blutdruckanstiege während der Körperübungen vom 5. Monat an oder zu einem späteren Zeitpunkt mit antihypertensiven Medikamenten behandelt. In allen Fällen übertraf die Blutdrucksenkung während gleichzeitiger medikamentöser Behandlung die des Trainingseffektes bei weitem, wobei nur

geringe Dosen der Medikamente benötigt wurden. Zur Anwendung kamen Modenol, Briserin oder Bendigon.

Blutdruck bei Belastung

Bedingungen, die eine vergleichbare Blutdruckkontrolle während körperlicher Belastung mit der auskultatorischen Methode annähernd gestatten, liegen bei der Arbeit mit dem Fahrradergometer vor. Bei den Kontrolluntersuchungen mittels Ergometerbelastung nach einer Trainingsperiode von 5 Monaten ergab sich mit einer Ausnahme (Proband 6) bei allen Patienten in den verschiedenen Belastungsstufen ein geringerer Anstieg des systolischen, diastolischen und mittleren Blutdrucks (siehe auch Abb. 4). In der nachfolgenden Zusammenstellung ist der prozentuale Blutdruckabfall bei 80- und 120-Watt-Belastung gegenüber der Vortrainingsperiode angegeben. Auch bei 40 Watt und in höheren Belastungsstufen ergibt sich ein im Prinzip ähnliches Bild.

Prozentuale Abnahme des Blutdrucks bei 80 Watt und 120-Watt.

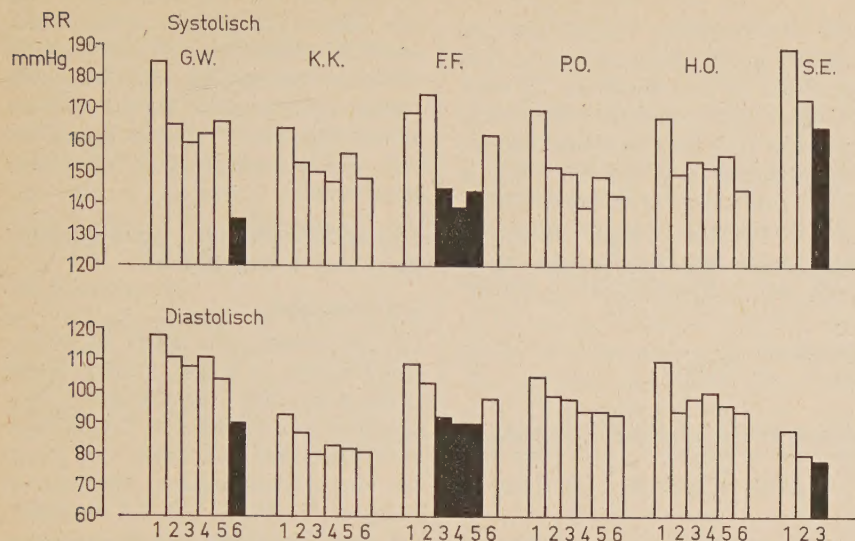


Abb. 3: Mittelwerte des Blutdrucks vor u. während des Trainings bei 6 Hypertonikern

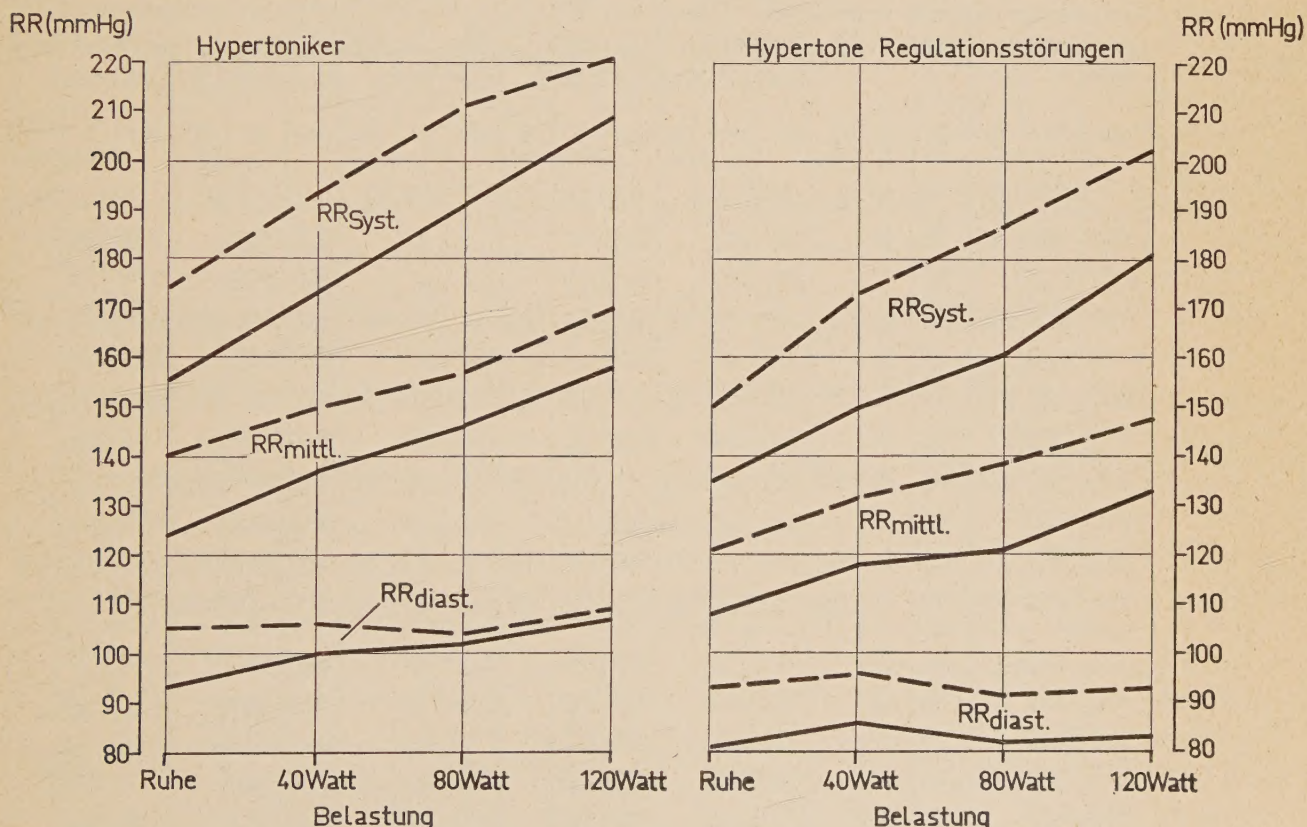


Abb. 4: Blutdruck in Ruhe und während Ergometerbelastung vor und nach 5 Monaten Training bei 10 Hypertonikern (—) und 5 Patienten mit hypertonen Regulationsstörungen (---)

Hypertoniker (Mittel aus 10 Patienten)

P syst.	9,5%	9,5%
P diast.	1,9%	0,8%
P mittl.	7,6%	7,0%

Hypertone Regulationsstörung (Mittel aus 5 Patienten)

P syst.	13,3%	10,4%
P diast.	10,9%	9,7%
P mittl.	12,1%	10,1%

Während sich bei den Hypertonikern in den verschiedenen Belastungsstufen nach der 1. Trainingsperiode von etwa 5 Monaten der systolische und mittlere Blutdruck in etwa gleichem Maße wie der Ruhe-Blutdruck verringert hatten, fand sich beim diastolischen Druck kaum ein Abfall. Anders bei den

jüngeren Patienten mit labilem Hochdruck, die auf Belastung auch diastolisch mit einem deutlich geringeren Druckanstieg, also einer Vergrößerung der Blutdruckamplitude reagierten. Bei allen Patienten, die bis zu einem Jahr weitertrainierten, änderte sich der Belastungsblutdruck nach dieser Trainingszeit nicht mehr wesentlich.

Es wurde ferner versucht, den *Einfluß verschiedener Körperübungen auf das Blutdruckverhalten* zu prüfen (Tab. 2). Als Maßstab für eine annähernd vergleichbare Belastung schienen uns gleiche Bereiche der Pulsfrequenz nach jeweils 5 Minuten Training der jeweiligen Disziplin verwertbar. Tab. 2 zeigt die Mittelwerte der Blutdrucke, die im Laufe von 6 Monaten bei 5 Hyper-

tonikern unmittelbar nach je 5 Minuten dauernden Übungen gemessen wurden, aufgeteilt nach der jeweils erreichten Pulsfrequenz. Den mit Abstand höchsten Blutdruck hatten die Patienten, wenn sie Springübungen an einer etwa 40 cm hohen Bank machten. Bezüglich des pressorischen Effektes folgen in abnehmender Reihenfolge die Laufschiule, Gymnastik auf der Stelle, Ballspiele und zuletzt Medizinballübungen. Bei letzterem dürfte offenbar die orthostatische Belastung zu einer starken Beanspruchung der Frequenzregulation mit relativ geringem Blutdruckanstieg führen.

Ergospirometrische Untersuchungen (Tab. 3, 4, 5; Abb. 5)

Pulsfrequenz

Der Mittelwert der nach 10 Minuten liegend in Ruhe mittels Elektrokardiogramm ermittelten Frequenz erfuhr in beiden Kollektiven eine deutliche Abnahme, und zwar bei den Hypertonikern nach 5monatigem Training um 9,6 Prozent, bei den Patienten mit hypertonen Regulationsstörungen um 14,9 Prozent. In 4 Fällen ergab sich keine wesentliche Änderung (Proband 3,

Herzfrequenz (pro min)	Blutdruck (mmHg)				
	Bankspringen	Laufschiule	Gymnastik	Ballspiele	Medizinball
125—132	231/117	217/109	208/111	202/106	195/103
133—140	231/116	216/108	209/106	204/103	184/100

Tab. 2: Blutdruckwerte nach verschiedenen Körperübungen bei bestimmten Bereichen der Herzfrequenz (Mittelwert von 5 Hypertonikern)

NUMMER DES PROBANDEN	ALTER (Jahre)	HOCHDRUCK= STADIUM	HERZVOLUMEN			RUHEPULS			PULSFREQUENZ 80W.			SAUERST.-PULS 80W.			MAX.SAUERSTOFFPULS			HERZVOL./MAX.O ₂ PULS			MAX.WATTBELAST.PULS		
			vor	Training		vor	Training		vor	Training		vor	Training		vor	Training		vor	Training		vor	Training	
				5 Mon.	12 Mon.		5 Mon.	12 Mon.		5 Mon.	12 Mon.		5 Mon.	12 Mon.		5 Mon.	12 Mon.		5 Mon.	12 Mon.		5 Mon.	12 Mon.
1	65	I	950	893		78	74		115	103		10,5	10,7		11,3	12,7		84,0	70,3		0,78	0,94	
2	59	II	1100	1135		60	57		116	100		10,4	11,0		12,4	14,1		88,6	80,5		0,88	1,14	
3	59	II	970	890	900	58	61	54	106	89	92	10,1	10,4	12,0	11,4	12,8	14,3	85,0	69,6	63,0	0,88	1,21	1,26
4	61	II	1170	1040		51	54		88	91		12,2	11,3		12,2	11,3		95,5	92,0		0,91	1,02	
5	46	I	800	732	810	82	72	74	126	112	116	9,1	9,9	10,1	11,2	13,0	12,2	71,5	56,4	66,5	0,81	1,16	1,14
6	60	I	715	770		60	57		98	89		12,2	12,6		13,5	14,8		53,0	52,9		1,03	1,11	
7	44	I	1010	990	925	88	69	57	120	104	105	9,1	10,5	10,8	12,8	15,3	15,9	79,0	64,8	58,1	0,99	1,35	1,43
8	61	I	910	900		79	68		106	91		11,9	11,2		15,5	16,9		58,6	53,2		1,19	1,41	
9	57	II	850	805	790	95	73	91	118	118	121	10,0	10,1	10,3	13,1	13,3	12,2	65,0	60,5	64,6	0,97	1,07	0,98
10	43	II	794	731	820	78	74	85	119	108	120	10,2	9,5	9,3	12,3	12,8	12,1	64,5	63,6	67,8	0,95	1,18	1,22
11	22	H.R.	760	825		72	63		110	103		9,7	12,4		12,1	15,4		62,8	53,6		1,03	1,27	
12	28	H.R.	830	752		85	60		123	110		8,7	10,2		11,9	14,0		69,7	53,8		0,99	1,32	
13	32	H.R.	985	1040		56	56		114	94		10,8	10,4		12,2	15,4		81,0	67,5		0,98	1,32	
14	21	H.R.	845	760		76	63		119	103		10,1	10,3		12,8	13,9		66,0	54,6		1,01	1,15	
15	33	H.R.	890	880		54	56		110	93		11,0	11,2		14,2	17,2		62,5	51,2		1,18	1,42	

Tab. 3: Ergospirometrische Daten vor und nach 5 bzw. 12 Monaten Training bei 10 Hypertonikern und 5 hypertonen Regulationsstörungen (=H. R.).

4, 13, 15). Alle anderen Patienten hatten nach der ersten Trainingsperiode einen niedrigeren Puls, in 1 Falle verringerte sich die Frequenz um 29,2 Prozent (Proband 12). In der zweiten Trainingsperiode zwischen dem 5. und 12. Monat veränderte sich die Pulsfrequenz nicht mehr wesentlich.

Bei Belastung mit 80 Watt nahm die Frequenz während der ersten Trainingsperiode bei den Hypertonikern um 10,4 Prozent, bei den Regulationsstörungen um 12,8 Prozent ab. In 2 Fällen ergab sich keine Veränderung der Frequenz. Bei den höheren Belastungsstufen fanden wir hingegen in allen Fällen eine niedrigere Pulsfrequenz als vor dem Training.

Sauerstoffpuls

Bei Belastung mit 80 Watt ergab sich nach der ersten Trainingsperiode bei den Hypertonikern keine verwertbare Änderung, bei den hypertonen Regulationsstörungen

eine Steigerung um 9 Prozent. Nach 1 Jahr Training hatte der Sauerstoffpuls im Kollektiv der Hypertoniker um 8,2 Prozent gegenüber dem Ausgangswert zugenommen.

Der maximale Sauerstoffpuls verbesserte sich bei den Hypertonikern nach der ersten Trainingsperiode um 9 Prozent, nach der zweiten Trainingsperiode um 10,8 Prozent gegenüber dem Ausgangswert. In einem Einzelfall (Proband 4) ergab sich keine Zunahme. Bei den Patienten mit Regulationsstörungen nahm der maximale Sauerstoffpuls während des 5monatigen Trainings um 21,4 Prozent zu.

Maximaler Watt-Puls

Eine Steigerung des Parameters maximale Watt-Belastung/Pulsfrequenz sollte insofern deutlich ausfallen, als sie neben der Erhöhung der Leistungsfähigkeit auch noch den Leistungsgewinn zum Ausdrück bringt, der aus der trainings-

bedingten Ökonomisierung der Bewegungen im Übungsablauf am Ergometer und dem damit verbundenen niedrigeren Sauerstoffverbrauch resultiert. Wie in Tab. 4 dargestellt ist, ergab sich auch nach 5monatigem Training in allen Fällen ein positiver Trainingseffekt, der lediglich bei den Probanden 4, 6 und 9 nicht so deutlich ausgeprägt ist. Die Verbesserung der Relation zwischen maximaler Belastbarkeit und Pulsfrequenz war in beiden Gruppen signifikant. Bei der Kontrolle nach 1 Jahr Training hatte sich das Ergebnis nur in 3 Fällen von 5 gering, statistisch nicht mehr auswertbar, verbessert, was schließlich auch dem Resultat der Blutdruckuntersuchungen entsprach.

Herzfrequenzdruckprodukt

Mit dem von *Robinson* (41) beschriebenen Herzfrequenzdruckprodukt

$$\left(\frac{\text{Herzfrequenz} \times \text{systol. Blutdruck}}{100} \right)$$

erhalten wir einen Hinweis auf den myokardialen Sauerstoffverbrauch. Dadurch, daß Herzfrequenz und systolischer Blutdruck durch das Training günstig beeinflusst werden, zeigt das Produkt der beiden besonders deutlich den Trainingseffekt an. Das Herzfrequenzdruckprodukt nahm bei den Hypertonikern in Ruhe um 19,7 Prozent, während der 80-Watt-Belastung um 22,9 Prozent ab, etwa in gleicher Größenordnung auch bei den hypertonen Regulationsstörungen. Daraus läßt sich auf eine bedeutende Verminderung der Herzarbeit und des myokardialen Sauerstoffbedarfs schließen.

Herzvolumen

In beiden Gruppen fand sich nach 5 Monaten wie auch nach 12monatigem Training keine statistisch zu sichernde Änderung. Bei den Hypertonikern ergab sich im Durchschnitt eine Abnahme um 4,1 Prozent, bei den hypertonen Regulationsstörungen eine noch geringere Verminderung.

Herzvolumenleistungsquotient

Da sich nach dem Training die Herzgröße nicht wesentlich geändert hatte, der maximale Sauerstoffpuls aber doch deutlich angestiegen war, mußte der Herzvolumenleistungsquotient (= Herzvolumen/maximaler Sauerstoffpuls)

	Trainingszeit	10 Hypertoniker				5 Hypertoniker				5 Patienten mit hypertonen Regulationsstörungen			
		$\bar{X}$	Sx	Sign	%	$\bar{X}$	Sx	Sign	%	$\bar{X}$	Sx	Sign	%
Herzvolumen	5 Mon.	926,9	142,4			884,8	99,5			862,0	83,1		
	12 Mon.	888,6	135,1	ø	-4,1	829,6	110,6	ø	-4,1	851,4	117,5	ø	-1,5
Ruhepuls	5 Mon.	72,9	14,6			80,2	14,0			68,6	13,3		
	12 Mon.	65,9	7,9	ø	-9,6	69,8	5,2	ø	-10,0	59,6	3,5	ø	-14,9
Pulsfrequenz 80 Watt	5 Mon.	112,2	11,6			117,8	7,3			115,0	5,7		
	12 Mon.	100,5	10,3	ø	-10,4	106,2	10,9	ø	-5,9	101,0	7,1	*	-12,8
Sauerstoffpuls 80 Watt	5 Mon.	10,6	1,2			9,7	0,6			10,0	0,9		
	12 Mon.	10,7	0,9	ø	+2,0	10,1	0,04	ø	+8,2	10,9	0,9	ø	+9,0
Max.Sauerstoff Puls	5 Mon.	12,6	1,3			12,2	0,84			12,6	0,9		
	12 Mon.	13,7	1,6	ø	+9,0	13,4	1,06	ø	+10,8	15,2	1,3	ø	+21,4
Herzvolumen/Max.Sauerstoff Puls	5 Mon.	74,4	14,0			73,0	8,9			68,4	7,6		
	12 Mon.	66,4	12,4	ø	-11,0	63,0	4,9	ø	-12,3	56,1	6,5	ø	-17,5
Max.Wattbelastung / Puls	5 Mon.	0,94	1,2			0,92	0,75			1,04	0,80		
	12 Mon.	1,2	1,4	**	+19,0	1,2	1,04	**	+23,4	1,29	0,95	**	+19,4
Frequenzdruckprodukt Ruhe	5 Mon.	127,6	26,07			140,9	28,95			102,3	20,94		
	12 Mon.	101,8	10,48	**	-19,7	102,0	13,0	*	-27,7	77,5	5,07	**	-25,0
Frequenzdruckprodukt 80 Watt	5 Mon.	235,8	29,07			248,1	27,54			214,3	13,14		
	12 Mon.	190,0	23,05	***	-22,9	190,9	24,72	**	-23,0	162,1	13,27	***	-23,8

Tab. 4: Mittelwerte ergospirometrischer Daten vor und nach 5 bzw. 12 Monaten Training bei 10 Hypertonikern und 5 hypertonen Regulationsstörungen

eine Besserung erfahren, was auch in allen Fällen zutraf. Bei den Hypertonikern verringerte sich der Quotient im Mittel nach 5 Monaten um 11 Prozent, nach 12 Monaten um 12,3 Prozent, bei den Patienten mit Regulationsstörungen sogar um 17,5 Prozent.

Elektrokardiogramm

EKG-Kontrollen, die wir in Ruhe und während Belastung häufig durchgeführt haben, ergaben in keinem Fall eine Verschlechterung des Befundes im Verlaufe des Trainings, auch nicht in denjenigen Fällen, die Veränderungen im Sinne einer Linkshypertrophie mit und ohne Repolarisationsstörung aufwiesen.

Subjektive Symptomatik

Die meisten Patienten waren vor dem Training beschwerdefrei. Irgendwelche Störungen des Wohlbefindens traten bei diesen Patienten auch während des Trainings nie auf. Einige Patienten hatten vorher über geringe und nicht konstante Beschwerden verschiedener Art geklagt, z. B. über Herzklopfen, Neigung zu Schwindel und zu leichter Ermüdbarkeit, 1 Patient auch über ein leichtes Oppressionsgefühl bei größeren Anstrengungen. Diese Beschwerden bildeten sich im Verlaufe der ersten Trainingsmonate zurück. Eine Ausnahme machte der älteste Patient der Trainingsgruppe, bei dem jedoch während der gesamten Beobachtungszeit von 2 Jahren kein Zusammenhang zwischen den subjektiven Symptomen und den körperlichen Anstrengungen bestand, die sogar als ausgesprochen wohlthuend empfunden wurden. Nach Verordnung antihypertensiver Medikamente (Modenol, Briserin) kam es anfangs bei 2 Patienten in den Erholungsphasen während des Trainings vorübergehend zu orthostatischen Syndromen.

Diskussion

Unsere Ergebnisse haben gezeigt, daß ein regelmäßiges Training, das im wesentlichen auf Ausdauerbelastungen abgestimmt ist, nicht nur bei juvenilem und labilem Hypertonus bzw. bei hypertonen Regulationsstörungen blutdruckregulierend wirkt, wie es auch von anderen Autoren beobachtet wurde, sondern auch bei stabilem arteriellem Hochdruck im mittleren Lebensalter eine anhaltende Blut-

drucksenkung und Ökonomisierung der Herzarbeit bewirken kann. Auch für dieses fortgeschrittene Stadium der Hochdruckerkrankung erscheint uns deshalb in Übereinstimmung mit den Erfahrungen von *Kral, Chrastek, Mellerowicz, Rein-dell* u. a. (8, 9, 30, 33, 39, 40) ein dosiertes Körpertraining gerechtfertigt. Es ist bemerkenswert, daß dieser blutdrucksenkende Effekt mit einem relativ geringen Trainingsaufwand zu erzielen ist. Die in unserem Hypertonikerkollektiv festgestellten Trainingswirkungen auf verschiedene Parameter der Herz-Kreislauf-Funktion entsprechen etwa den Ergebnissen ähnlicher Trainingsprogramme bei Normalpersonen vergleichbaren Lebensalters (3, 12, 16, 21, 23, 33). Offenbar besteht also hinsichtlich

der Adaptation auf regelmäßige Körperbelastungen kein grundsätzlicher Unterschied zwischen Normo- und Hypertonikern. Hervorzuheben ist, daß auch die meisten Hypertoniker mit einer Reduzierung sowohl des Blutdrucks als auch der Herzfrequenz reagieren, also mit einer Verminderung der Herzarbeit in Ruhe und während körperlicher Belastung. Dieser Ökonomiegewinn beinhaltet eine nicht unerhebliche Verminderung des myokardialen Sauerstoffbedarfs, die gerade für Hypertoniker im Hinblick auf die häufig schon frühzeitig eingeschränkte Koronarreserve auch prophylaktisch von besonderer Bedeutung ist.

Diese Feststellungen erfahren kaum eine Einschränkung dadurch, daß sich das Kollektiv aus relativ

	Nummer des Prob.	Alter	HERZFREQUENZDRUCKPRODUKT											
			in Ruhe			bei 40 Watt			bei 80 Watt			bei 120 Watt		
			vor	5 Mon	12 Mon	vor	5 Mon	12 Mon	vor	5 Mon	12 Mon	vor	5 Mon	12 Mon
Hypertoniker	1	65	128,7	114,7		180,5	151,2		235,8	200,9		330,0	283,6	
	2	59	117,0	100,8		208,6	172,0		261,0	225,0		344,3	283,2	
	4	61	96,9	94,5		169,4	112,5		223,2	177,5		-	-	
	6	60	99,0	92,9		127,5	135,1		186,2	178,0		259,6	218,5	
	8	61	130,4	105,4		183,3	140,4		212,0	163,8		243,6	262,4	
	3	59	95,7	82,4	85,6	170,0	114,0	158,0	254,4	158,4	193,2	325,0	242,0	251,5
	5	46	131,2	104,4	111,0	210,6	163,2	156,8	289,8	196,0	220,4	402,8	258,8	324,3
	7	44	154,0	96,6	79,8	180,0	152,0	146,9	222,0	175,1	189,0	292,4	184,3	210,6
	9	57	171,0	111,7	141,1	190,6	178,5	196,0	224,2	222,0	223,9	292,4	262,4	266,5
	10	43	152,6	114,7	114,8	180,0	160,1	181,5	249,9	203,0	240,0	317,3	250,1	302,8
Mittelwert von 10 H. (5 Mon. Tr.)	$\bar{x}$		127,6	101,8		180,0	147,9		235,8	190,0		311,9	249,5	
	s_x		26,07	10,48		23,20	22,50		29,07	23,05		47,43	31,58	
	[%]		-19,7			-17,7			-22,9			-20,8		
Signifik.			**			**			***			**		
Mittelwert von 10 H. (12 Mon. Tr.)	$\bar{x}$		140,9	102,0	106,4	186,2	153,6	167,8	248,1	190,9	213,3	326,0	239,5	271,1
	s_x		28,95	13,00	24,67	15,44	24,11	20,25	27,54	24,72	21,62	45,37	31,86	44,44
	[%]		-27,7	+4,3		-17,4	+9,9		-23,0	+11,5		-26,4	+12,9	
	Signifik.		*	ø		*	ø		**	ø		**	ø	
Hypertone Regulationsstörungen	11	22	100,8	78,8		128,9	149,4		192,5	164,8		283,5	202,3	
	12	28	121,8	78,0		198,0	130,5		227,6	181,5		256,5	250,8	
	13	32	82,5	72,8		156,0	118,4		216,6	150,4		273,0	209,1	
	14	21	125,4	85,1		161,0	129,0		220,2	164,8		285,0	220,4	
	15	33	81,2	72,8		154,2	121,5		214,5	148,8		266,6	189,0	
Mittelwert von 5 H. R. (5 Mon. Tr.)	$\bar{x}$		102,3	77,5		159,6	129,8		214,3	162,1		272,9	214,3	
	s_x		20,94	5,07		24,81	12,06		13,14	13,27		11,90	23,35	
	[%]		-25,0			-24,8			-23,8			-21,9		
	Signifik.		**			*			***			ø		

Tab. 5: Herzfrequenzdruckprodukt $\left(= \frac{\text{Herzfrequenz} \times \text{systol. Blutdruck}}{100} \right)$ bei Patienten mit Hypertonie (= H.) und hypertonen Regulationsstörungen (= H. R.) vor und nach einem 5 bzw. 12 Monate dauernden Training.

leichten Formen der Hochdruckerkrankung zusammensetzte. Es erscheint uns als selbstverständlich, daß ein intensives Training mit Belastungen im Bereich der Ausdauerergrenze ohne zusätzliche antihypertensive Behandlung im wesentlichen auf die Hochdruckstadien I und II zu beschränken ist, also auf Patienten ohne Organschädigung. Immerhin handelt es sich aber bei unserem Untersuchungsgut nicht um Frühstadien der Erkrankung, sondern um Patienten im fortgeschrittenen Lebensalter mit seit Jahren nachgewiesenem stabilem Hochdruck und in einigen Fällen auch mit Zeichen einer hypertonen und koronaren Herzerkrankung, wenn auch noch leichteren Grades. Freilich läßt sich im Gegensatz zu den hypertonen Regulationsstörungen im mittleren Lebensalter bei den Patienten mit stabilem Hochdruck und langer Erkrankungsdauer nur selten eine Normalisierung und nicht einmal immer eine Senkung des Blutdrucks allein durch Training erzielen. Wie unsere Untersuchungen gezeigt haben, ist auch das Ausmaß der trainingsbedingten Blutdrucksenkung im Einzelfalle sehr verschieden.

Der Mechanismus der Blutdrucksenkung im Verlaufe eines Trainings ist ohnehin nicht eindeutig zu erklären. Die Möglichkeit einer Beeinflussung des Hochdrucks hängt wahrscheinlich entscheidend davon ab, inwieweit zentral-nervöse Dysregulation und Steigerung des Sympathikustonus einerseits und funktionelle und morphologische Veränderungen an den Arteriolen andererseits ursächlich an der Blutdrucksteigerung beteiligt sind. Dem Nutzeffekt des Trainings im Hinblick auf eine Senkung des gesamten Gefäßwiderstandes sind beim Hypertoniker aus verschiedenen Gründen enge Grenzen gesetzt. Auch der minimale Gefäßwiderstand ist beim Hypertoniker, vom Anfangsstadium abgesehen, höher als beim Normotoniker (11, 13, 15, 51), zunächst als Folge noch reversibler funktioneller Veränderungen an den Arteriolen, später bedingt durch die hypertensive Gefäßhyperplasie. Die beim Hypertoniker am meisten betroffenen Gefäßbezirke der Nieren und des Splanchnikusgebietes nehmen an der während Muskelarbeit einsetzenden Vasodilatation und Widerstandsherabsetzung nicht teil (4, 5).

Damit ist auch die Tatsache erklärt, daß der Gefäßwiderstand während körperlicher Arbeit zwar auch beim Hypertoniker abfällt, mit seinem Absolutwert jedoch gegenüber dem Normotoniker erhöht bleibt (1, 20, 45, 47, 53). Trotzdem sprechen sowohl die hämodynamischen Untersuchungen während körperlicher Belastung wie auch die Beobachtungen nach körperlichem Training dafür, daß in den weniger fortgeschrittenen Erkrankungsstadien die Erhöhung des Gesamtarteriolenwiderstandes einer Beeinflussung durch verminderte nervale oder humorale vaso-konstriktorische Impulse zugänglich ist. Vielleicht gewinnt die ökonomisierende Wirkung eines Trainings auf Stoffwechsel und Muskel-durchblutung in diesem Zusammenhang eine erhöhte Bedeutung (6, 10, 21, 51, 53). Theoretisch jedenfalls könnte auch beim Hypertoniker eine Blutdrucksenkung mit einer trainingsbedingten Verminderung des Sympathikustonus erklärt werden, entweder durch Herabsetzung des gesteigerten Minutenvolumens oder des erhöhten Gefäßwiderstandes, letzteres auch dann, wenn die gesteigerte Empfindlichkeit der Arteriolen auf vasokonstriktorische Reize generell unverändert bleibt.

Trotz der bei fast allen Patienten schon nach relativ kurzer Trainingsdauer feststellbaren günstigen Beeinflussung des Blutdrucks muß man sich darüber im klaren sein, daß Hypertoniker im fortgeschrittenen Lebensalter durch die hohen körperlichen Belastungen infolge der abnormen Blutdruckanstiege während jeder Einzelbelastung potentiell gefährdet sind. Es stellt sich also die Frage, ob und in welchem Maße überhaupt solche hypertone Blutdruckreaktionen akzeptiert werden sollen. Im allgemeinen muß man im Bereich der angestrebten Trainingsfrequenz mit einer Erhöhung des systolischen Blutdrucks um 30 bis 70 mm/Hg rechnen. Das bedeutet, daß man bei einem Teil der Patienten während des Trainings Blutdruckwerte in Kauf nehmen muß, die schon oberhalb jener Grenze liegen, die man im allgemeinen als Kriterium für eine notwendige Beendigung eines Belastungsversuches betrachtet. Diese exzessiven Werte sind selbstverständlich nur bei beschwerdefreien und jüngeren Pa-

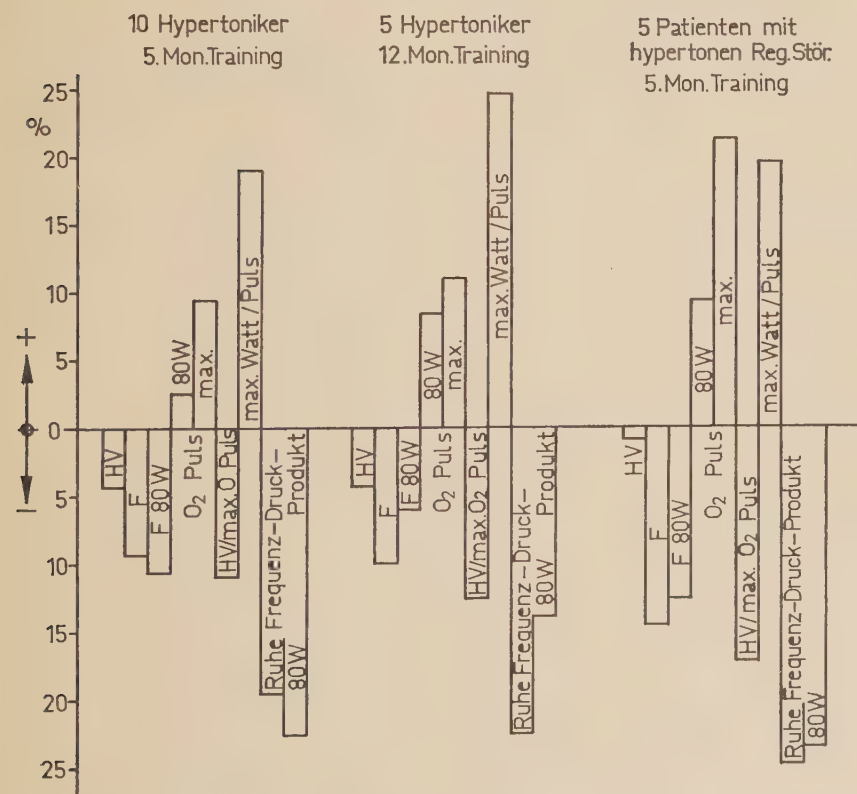


Abb. 5: Prozentuale Änderung ergospirometrischer Daten nach 5 und 12 Monaten Training bei Patienten mit essentieller Hypertonie und hypertonen Regulationsstörungen

tienten mit normalem Organbefund vorübergehend vertretbar. Die Entscheidung, welche Höhe des Belastungsblutdrucks maximal toleriert werden kann, bedarf sicher einer individuellen klinischen Beurteilung, wobei das Alter des Patienten und der Schweregrad der Erkrankung die entscheidenden Kriterien sind. Wir haben grundsätzlich die Belastungsintensität verringert, wenn während der Körperübungen Werte von 230 mm/Hg systolisch und 170 mm/Hg für den mittleren Druck (arithmetisches Mittel) wiederholt überschritten wurden.

Auf eine medikamentöse Behandlung des Hochdrucks kann nicht verzichtet werden, wenn wegen zu starker hypertoner Reaktion die als notwendig erachtete Belastungsintensität auch nicht annähernd zugemutet werden kann, außerdem bei allen älteren Hypertonikern (etwa oberhalb des 60. Lebensjahres) und bei Patienten mit ausgeprägten pathologischen EKG-Befunden. Training und medikamentöse Behandlung beeinflussen den Blutdruck gleichsinnig, so daß man bei Patienten, die sich regelmäßigen Körperbelastungen unterziehen, wahrscheinlich mit geringeren Dosen antihypertensiver Medikamente auskommen kann. Unsere bisherigen Beobachtungen sprechen jedenfalls dafür. Da das kardiale Leistungsvermögen von Hypertonikern im allgemeinen schon nach einer medikamentös erreichten Blutdrucksenkung zunimmt, könnte man erwarten, daß durch eine Kombination der beiden therapeutischen Maßnahmen ein noch größerer Leistungszuwachs zu erzielen ist. Diese Annahme hat sich in unseren bisherigen, allerdings zahlenmäßig geringen Untersuchungen noch nicht bestätigt. Angesichts der vielseitigen, z. T. nicht aufgeklärten Wirkungsmechanismen antihypertensiver Medikamente kann noch nicht beurteilt werden, in welcher Weise diese in die einzelnen Adaptationsvorgänge beim körperlichen Training eingreifen. Dies gilt auch für die Frage, welche Medikamente in dieser Situation geeignet sind und welche nicht. Eher ungeeignet erscheinen uns Pharmaka, die auch den Venentonus und damit das Blutangebot an das Herz und das Minuten-volumen stärker vermindern können. Allein aus den theoretischen

Erwägungen müßten diejenigen Medikamente vorzuziehen sein, deren Wirkung vorwiegend auf die Senkung des arteriellen Gefäßwiderstandes gerichtet ist und gewissermaßen der hämodynamischen Reaktion bei Muskelarbeit entspricht, z. B. periphere Vasodilatoren, Raubasin, Hydrazin-Ophtalazin oder Saluretika, die wahrscheinlich auch die Empfindlichkeit der Gefäße gegenüber vasokonstriktorischen Reizen herabsetzen. Über die Herz-Kreislauf-Funktion bei körperlichem Training und gleichzeitig antihypertensiver Medikation sind weitere Untersuchungen notwendig.

Die kardiale Leistungsbreite ist bei Hypertonikern häufig vermindert. Dies ist bei einem Teil der Patienten allein schon durch die verminderte Schlagvolumenleistung infolge des erhöhten Gefäßwiderstandes erklärbar, darüber hinaus muß aber beachtet werden, daß Hypertoniker insbesondere unter dem Einfluß körperlicher Belastungen in höherem Maße der Gefahr einer Herzinsuffizienz ausgesetzt sind. Bei Patienten in fortgeschrittenem Lebensalter ist die schon physiologische Verminderung der kardialen Leistungs- und Adaptationsfähigkeit zu berücksichtigen. Aus diesem Grunde sollte bei Hypertonikern vor allem jenseits des 50. Lebensjahres vor Beginn des Trainings eine Digitalisierung erwogen werden.

Schließlich ergibt sich auch die Frage, welche Körperübungen im Rahmen eines Trainingsprogrammes für Hypertoniker mehr oder weniger geeignet sind. Wie auf Grund der Beobachtungen von *Hollmann* (22, 23), *Bachmann* (2) und *Nowacki* u. Mitarb. (38) zu erwarten war, zeigten die Blutdruckreaktionen während des Trainings eine starke Abhängigkeit auch von der Art der jeweiligen Trainingsform. Nach unseren Erfahrungen sind z. B. Springen und Dauerlauf im Bereich gleicher Reaktionen der Pulsfrequenz mit einem höheren Blutdruckanstieg verbunden als Belastungen gleicher Dauer während eines Ballspiels, einer Medizinballübung oder einer Ergometerbelastung. Es müßte noch durch weitere Untersuchungen geklärt werden, welche Übungsformen im einzelnen für ein Training mit Hypertonikern geeig-

net sind. Sicher kommen Disziplinen, die zu hohe Anforderungen an Konzentration und Koordinierungsvermögen stellen und deshalb zu besonders starken sympathiko-adrenalen Reaktionen führen, nicht in Frage. Im Hinblick auf die Ergebnisse, die mit verschiedenen Trainingsmethoden erzielt wurden (22, 43), müßte gerade bei Hypertonikern ein Dauerbelastungstraining mit relativ geringer Leistungsintensität dem Intervalltraining vorgezogen werden, da in erster Linie die neurovegetative Umstellung und Ökonomisierung der Herzarbeit und nicht eine Steigerung der maximalen Leistungsfähigkeit angestrebt wird.

Zusammenfassend sind wir der Meinung, daß bei Hypertonikern alle Entscheidungen über Qualität und Quantität der sportlichen Betätigung oder eines speziellen Trainings nur individuell getroffen werden können. Als allgemeine Richtlinien würden wir auf Grund unserer bisherigen Erfahrungen folgendes empfehlen:

1. Grundsätzlich muß vor Beginn des Trainings bei Hypertonikern eine Austestung der Kreislaufreaktion im Bereich derjenigen Belastungen erfolgen, die im Training angestrebt werden.
2. Eine dauernde ärztliche Überwachung während des Trainings ist bei allen Hypertonikern fortgeschrittenen Lebensalters unerlässlich.
3. Körperübungen, die zu besonders starken sympathiko-adrenalen Reaktionen und damit zu überschießenden Blutdrucksteigerungen führen, müssen vermieden werden. Dauerbelastungen geringerer Intensität sind grundsätzlich vorzuziehen.
4. Bei allen Patienten oberhalb des 50. Lebensjahres sollte eine Digitalisierung vor Beginn des Trainings in Erwägung gezogen werden.
5. Der Versuch, ohne antihypertensive Medikamente auszukommen, sollte nur bei Patienten unterhalb des 50. Lebensjahres und bei leichten Hochdruckformen gemacht werden. Weitere Vorbedingungen hierfür sind ein normaler EKG-Befund und die Möglichkeit, eine geforderte Trainingsintensität zu erreichen, ohne daß dabei der Blutdruck Werte von systolisch 240 mm/Hg oder

170 mm/Hg mittleren Blutdrucks überschreitet.

Nach Abschluß der hier ausgewerteten Ergebnisse wurden weitere 7 Hypertoniker oberhalb des 40. Lebensjahres einem ähnlichen Training über 1 Jahr Dauer unterzogen. Die Beobachtungen bei diesen Patienten hinsichtlich des Verhaltens der einzelnen Parameter entsprachen den hier mitgeteilten Ergebnissen.

Zusammenfassung

10 Patienten mit stabiler Hypertonie (Stadium I und II) im Alter von 43 bis 61 Jahren und 5 Patienten im Alter von 21 bis 33 Jahren mit hypertonen Regulationsstörungen unterzogen sich für die Dauer von 5 Monaten einem kontrollierten körperlichen Training. Das Training erfolgte 3mal wöchentlich je 30 Minuten mit dem Fahrradergometer bei ca. 70 Prozent der maximalen Pulsfrequenz oder 2mal wöchentlich je 60 Minuten in Form von gymnastischen Übungen, Dauerlauf und Ballspielen.

Am Ende der Trainingsperiode hatte sich bei allen Patienten mit hypertonen Regulationsstörungen der Blutdruck normalisiert, bei 8 Hypertonikern hatte der Blutdruck signifikant abgenommen. Bei 3 von 6 Hypertonikern blieb auch nach Fortsetzung des Trainings über weitere 6 bis 18 Monate die Verminderung des Blutdrucks erhalten. In 3 Fällen wurden gleichzeitig antihypertensive Medikamente verordnet.

Ergospirometrische Kontrollen ergaben bei der Mehrzahl der Patienten eine erhebliche Verbesserung der Arbeitsökonomie des Kreislaufs und der körperlichen Leistungsfähigkeit, im einzelnen: Eine Herabsetzung der Pulsfrequenz und des Frequenzdruckproduktes in Ruhe und während Belastung, eine Steigerung des maximalen Wattpulses und des maximalen Sauerstoffpulses sowie eine Verbesserung der Herzvolumen-Leistungsrelation bei annähernd gleichbleibender Herzgröße.

Einige Probleme, die sich bei einem Training von Hypertonikern ergeben, werden erörtert.

Summary

10 patients with stable hypertension (stage I and II) aged 43 to 61, and 5 patients aged 21 to 33, suffering from hypertensive disorders in regu-

lation, underwent a controlled physical training for 5 months, thrice a week for 30 minutes, on a bicycle ergometer, at approx. 70% of their maximum pulse rate, or they performed twice a week, for 60 minutes, gymnastics, long-distance runs, and ball games.

At the end of the training period, the blood pressure had normalized in the cases of hypertensive disorders in regulation, while it had decreased significantly in 8 cases of hypertension. In 3 out of 6 cases of hypertension, the blood pressure remained on a low level while the training was continued for 6 to 18 months. In 3 patients, antihypertensive drugs were given additionally.

In most of the patients, ergospirometric controls revealed a considerable improvement of the circulation economy and of the physical efficiency, that means: decrease of the pulse rate and of the product of pressure x pulse rate at rest and after work, increase of the maximum pulse wattage and of the maximum oxygen pulse, improvement of the heart volume : efficiency ratio, the heart size being almost the same.

Some problems concerning the training of hypertensive patients are discussed.

Résumé

10 malades présentant une hypertension stable (stade I et II), âgés de 43 à 61 ans et 5 patients âgés de 21 à 33 ans présentant des troubles hypertensifs de la régulation, se sont soumis pendant 5 mois, à un entraînement corporel contrôlé; 3 fois par semaine, ils ont pédalé pendant 30 minutes, à l'ergomètre, à environ 70% de la fréquence maximale du pouls, ou ils ont fait 2 fois par semaine pendant 60 minutes, des exercices gymnastiques, une course de fond, ou des jeux de balle.

A la fin de la période d'entraînement, la pression sanguine s'était normalisée dans tous les cas de troubles hypertensifs de la régulation; chez 8 hypertensifs, il y avait une diminution significative de la pression sanguine. Chez 3 hypertensifs sur 6, l'abaissement de la pression sanguine persistait même après avoir continué l'entraînement pendant 6 à 18 mois. Dans 3 cas, on a prescrit des antihypertenseurs, à l'appui.

Les contrôles ergospirométriques ont révélé chez la plupart des malades, une amélioration nette de l'économie de travail de la circulation et du rendement physique, à savoir: abaissement de la fréquence du pouls et du produit fréquence: pression, au repos et à l'effort, augmentation du wattage maximal du pouls et du pouls d'oxygène maximal, ainsi qu'une amélioration du quotient volume cardiaque: rendement,

pour une taille du coeur à peu près identique.

On discute quelques problèmes qui surgissent lors de l'entraînement d'un hypertensif.

Literatur

1. Amery, A., Julius, S., Whitlock, L., and Conway, J.: Influence of hypertension on the haemodynamic response to exercise. *Circulation* 36, 231 (1967);
2. Bachmann, K., Reichenbach, M., Graf, N., und Heyden, H. P.: Direkte Blutdruckmessung während sportlicher Belastung. *Med. Klinik* 63, 1882 (1968);
3. Blohmke, M., Stelzer, O., und Stumpf, H.: Die Wirkung der „aktiven Übungsbehandlung“ auf die Herz- und Kreislaufreaktion gesunder Männer in Ruhe und während Belastung. *Ztsch. f. Kreisf.-Forsch.* 55, 329 (1966);
4. Brod, J., Fencel, V., Hejl, Z., Jirka, J., and Ulrych, M.: General and regional haemodynamic pattern underlying essential hypertension. *Clin. Sci.* 23, 339 (1962);
5. Brod, J.: Haemodynamic basis of acute pressor reactions and hypertension. *British heart J.* 25, 227 (1963);
6. Caesar, K., und Jeschke, D.: Trainingseinflüsse auf die Kreislaufperipherie. *Der Internist* 11, 283 (1970);
7. Chrástek, J.: Die Frequenz der Hypertension bei jüngeren Sportlern. XVI. Weltkongreß für Sportmedizin in Hannover, 498 (1966);
8. Chrástek, J., und Adamirová, J.: Hoher Blutdruck und körperliche Übungen. 13. Therapietagung, Weimar (1967);
9. Chrástek, J., und Adamirová, J.: Influencing the blood-pressure of the hypertonic patients by physical activity. *Physical fitness assesment*, 203, Prag (1969);
10. Clausen, J. P., Larsen, O. A., and Trap-Jensen, J.: Physical training in the management of coronary artery disease. *Circulation* XL, 143 (1969);
11. Conway, J.: A vascular abnormality in hypertension. *Circulation* 27, 520 (1963);
12. Drews, A.: Bedeutung und Ergebnisse ergometrischer Leistungskontrollen bei aktiver Bewegungstherapie. *Arbeitsmedizin, Sozialmedizin, Arbeitshygiene* 2, 441 (1967);
13. Folkow, B., Grimby, G., und Thulesius, O.: Adaptive structural changes in the vascular walls in hypertension and their relation to the control of peripheral resistance. *Acta physiol. scand.* 44, 255 (1959);
14. Frick, M. H., Elovainio, R. O., und Somer, T.: The mechanism of bradycardia evoked by physical training. *Cardiologia* 51, 46 (1967);
15. Gaskell, P., und Diosy, A.: Persistence of abnormally high vascular tone in the vessels finger after digital nerve block in patients with high blood pressure. *Circulation Research* 7, 1006 (1959);
16. Gattenlöhner, W., und Schneider, K. W.: Vergleichende Belastungsuntersuchungen an Sportlern, Untrainierten und Hypertonikern. *Verh. Dtsch. Ges. Innere Med. Wiesbaden* (1965);
17. Gattenlöhner, W., und Schneider, K. W.: Das Verhalten des Herzschlagvolumens in Ruhe, während und nach körperlicher Arbeit beim kompensierten Patienten mit kor pulmonale, Hypertonie und Herzklappenfehler im Vergleich zum Gesunden und Sportler. *Verh. Dtsch. Ges. Innere Med.* 72, 869 (1966);
18. Grimby, G.: Renal clearan-

ces during prolonged supine exercise at different loads. J. Appl. Physiol. 20, 1294 (1965); 19. *Halhuber, M. J.*: Längsschnittuntersuchungen an Hochdruckkranken während einer Klima- und Terrainkur in 2000 m Höhe. Sportarzt und Sportmedizin XVII, 473 (1966); 20. *Hammer, J., Shnebourne, E., and Fleming, J.*: Effekt of walking on blood pressure in systemic hypertension. The Lancet 15, 114 (1967); 21. *Hollmann, W.*: Der Arbeits- und Trainingseinfluß auf Kreislauf und Atmung. D. Steinkopff-Verlag, Darmstadt (1959); 22. *Hollmann, W., Venrath, H., Bouchard, C., und Budinger, H.*: Über die Eignung der häufigsten Sportarten für präventive und rehabilitative Zwecke auf dem Herz-Kreislauf-Sektor. Fortschr. d. Med. 82, 243 (1964); 23. *Hollmann, W.*: Körperliches Training als Prävention von Herz-Kreislauf-Krankheiten. Hippokrates-Verlag, Stuttgart (1965); 24. *Israel, S.*: Das Senkungsphänomen des arteriellen Blutdrucks nach körperlicher Belastung. Dtsch. Gesundheitswesen 14, 75 (1959); 25. *Jokl, E., Ball, M., and Frankel, L.*: Ergometry, exercise and hypertension. 2. Int. Seminar f. Ergometrie, Berlin (1967); 26. *Kahlstorf, A.*: Über Korrelation der linearen Herzmaße und des Herzvolumens. Klin. Wsch. 12, 262 (1933); 27. *Kirchhoff, H. W.*: Körperliche Aktivität in der Behandlung des Hochdrucks. Ärztl. Praxis XIX, 1733 (1967); 28. *König, K., Reindell, H., und Roskamm, H.*: Die spiroergometrische Leistungsprüfung mit Hilfe absoluter Leistungsgrößen und mit Hilfe des Herzvolumenleistungsquotienten. Klin. Wsch. 7, 348 (1962); 29. *König, K., Reindell, H., Steim, H., und Musshoff, K.*: Beitrag zur Hämodynamik hypertoner Regulationsstörungen. Z. Kreislaufforsch. 25, 252 (1969); 30. *Král, J. A., Chrástek, J., and Adamirová, J.*: The hypotensive effect of physical activity in hypertensive subjects. In: Prevention of ischemic heart disease: principles and practice. Charles C. Thomas Publishers, Springfield, Illinois/USA (1966); 31. *Kypke, W., und Ehrenstein, W.*: Training auf dem Fahrradergometer im mittleren Lebensalter — eine 10wöchige Längsschnittstudie. Z. Kreislauf-

forsch. 59, 534 (1970); 32. *Lund-Johansen, P.*: Haemodynamic pattern in essential hypertension at rest and during muscular exercise. Physical activity in health and disease. Oslo, Universitetsforlaget (1966); 33. *Mellerowicz, H.*: Vergleichende Untersuchungen über das Ökonomieprinzip in Arbeit und Leistung des trainierten Kreislaufs und seine Bedeutung für die präventive und rehabilitative Medizin. Archiv Kreislaufforsch. 24, 70 (1956); 34. *Moga, A., Obrasco, C., Dobo, S., Tomas, A., Blendea, O., Chetianu, O., Macavi, E., Mazilu, A., und Pop, V.*: Le traitement de la maladie hypertensive par la culture physique medicale. XII. Internat. Sports Med. Congress, Moscow (1958); 35. *Musshoff, K., und Reindell, H.*: Zur Röntgenuntersuchung des Herzens in horizontaler und vertikaler Körperstellung. I. Mitteilung Dtsch. Med. Wsch. 81, 1001 (1956), II. Mitteilung Dtsch. Med. Wsch. 82, 1075 (1957); 36. *Myasnikov, A. L.*: Cipertonecheskaya Bolyezn. Moscow Medgiz (1951); 37. *Naughton, J., and Nagle, F.*: Peak oxygen intake during physical fitness program für middleaged men. J. Amer. med. ass. 191, 899 (1965); 38. *Novacki, P., und Schmid, E.*: Über die sympathiko-adrenale Reaktion im Training und Wettkampf bei verschiedenen Sportarten. Die Medizinische Welt 21, 1682 (1970); 39. *Reindell, H., König, K., und Roskamm, H.*: Funktionsdiagnostik des gesunden und kranken Herzens. Thieme-Verlag, Stuttgart (1967); 40. *Reindell, H., Klepzig, H., Steim, H., Musshoff, K., Roskamm, H., und Schildge, E.*: Herz-Kreislauf-Krankheiten und Sport. Band 3. J. A. Barth-Verlag München (1960); 41. *Robinson, S.*: Experimental studies of physical fitness in relation to age. Arbeitsphysiol. 10, 251 (1938); 42. *Rohrer, F.*: Volumenbestimmung von Körperhöhlen und Organen auf orthostatischem Wege. Fortschr. Röntgenstr. 24, 285 (1916/17); 43. *Roskamm, H., Reindell, H., und König, K.*: Körperliche Aktivität und Herz-Kreislauf-Erkrankungen. J. A. Barth-Verlag, München (1966); 44. *Sannerstedt, R.*: Haemodynamic response to exercise in patients with arterial hypertension. Acta med.

scand. 180, suppl. 458 (1966); 45. *Sannerstedt, R., and Varnauskas, E.*: Total peripheral resistance during muscular exercise in arterial hypertension. Cardiol. congress Prague (1964); 46. *Schneider, K. W.*: Pathogenese der Herzinsuffizienz bei Hypertonie. In: Herzinsuffizienz. Thieme-Verlag Stuttgart (1968); 47. *Schneider, K. W.*: Einfluß einer mäßigen körperlichen Belastung auf die wichtigsten hämodynamischen Parameter des Hypertonikers. Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforsch. 28, 102 (1962); 48. *Schwalb, H., Eberl, J., Meier, G.*: Sauerstofftransportökonomie und Leistungsbreite des Kreislaufs in Beziehung zum Blutdruck bei Männern mittleren Lebensalters. Arch.-Kreislaufforsch. 63, 78 (1970); 49. *Schwalb, H.*: Untersuchungen über die Ökonomie und Leistungsfähigkeit des Kreislaufs im mittleren Lebensalter. Arch. Kreislaufforsch. 56, 151 (1968); 50. *Short, D. S., and Thomson, A. D.*: The arteries of the small intestine in systemic hypertension. J. Path. and Bact. 78, 321 (1959); 51. *Treumann, F., und Schroeder, W.*: Trainingseinfluß auf Muskeldurchblutung und Herzfrequenz. Z. Kreislaufforsch. 57, 1024 (1968); 52. *Varnauskas, E.*: Studies in hypertensive cardiovascular disease with special reference to cardiac function. Scand. J. Clin. Lab. Invest. 7, suppl. 17 (1955); 53. *Varnauskas, E.*: Peripheral haemodynamic effects of physical training in health and in ischemic heart disease. Leiden (1969); 54. *Weidener, J., und Mellerowicz, H.*: Dosiertes Training bei hypertonen Regulationsstörungen. Der Internist 11, 287 (1970); 55. *Weiss, A.*: Blutdruck und Muskelarbeit insbesondere bei Hypertonikern von 17 bis 60 Jahren. Verh. Dtsch. Ges. Kreislaufforsch. 272 (1949).

Anschrift der Verfasser:

Priv.-Doz. Dr. Hans Schwalb,
Dr. Karl Hermann Behrens,
Institut für die Prophylaxe der Kreislaufkrankheiten b. d. Univ. München,
8 München 2, Pettenkoferstr. 9

DK 79.091.2:616.12—008.331.1

LEBENS LAUF

1941	13. Januar	geboren in Hannover Vater: Karl Behrens, Friseur- meister Mutter: Elisabeth B., geb. Schwanitz aufgewachsen in Bockenem/Harz
1948	Ostern	Eintritt in die Volksschule
1956	Ostern	Übertritt in das Humanistische Gymnasium Andreanum in Hildesheim
1961	Ostern	Daselbst Reifeprüfung
1961	April	Als Vorzeitig Dienender Einberufung zur Bundeswehr für 4 Jahre. Dienst in der Panzergrenadier- und Luftlandetruppe sowie als Leiter von Reserveoffizierausbildungs- lehrgängen.
1965	März	Entlassung als Oberleutnant der Reserve
1965	April	Beginn des Studiums an der Ludwig Maximilians-Universität in München
	ab November	1. Semester: Psychologie Humanmedizin
1966	Oktober	Naturwissenschaftliche Vorprüfung
1968	April	Ärztliche Vorprüfung
1971	März	Staatsexamen
	Dezember bis	Med. Ass. an der Chirurgischen Ab- teilung des Kreiskrankenhauses
1972	Juli	Dachau
1972	September bis Januar	Med. Ass. an der I. Med. Klinik des Klinikum rechts der Isar der Techn. Universität München

